

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-211087

(43)Date of publication of application : 22.08.1990

(51)Int.Cl.

H02P 5/408

(21)Application number : 01-031734

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 09.02.1989

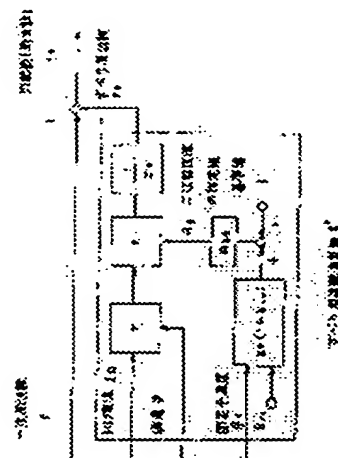
(72)Inventor : OTANI TSUGUTOSHI

## (54) SPEED CALCULATOR AND CONTROLLER FOR INDUCTION MOTOR

### (57)Abstract:

PURPOSE: To accurately control a speed by compensating a secondary resistance value with a detected value of a temperature sensor provided at a stator of a motor when the rotating speed of the motor is calculated based on a difference between a slip frequency obtained by calculation and driving frequency of the motor.

CONSTITUTION: A torque current  $I_q$ , a magnetic flux  $\phi$  and temperature detected value  $\theta_s$  of a stator obtained from voltage and current of a motor driven at a driving frequency ( $f$ ) are input to a slip frequency calculator C, a slip frequency  $f_s$  is calculated and obtained. A real frequency  $f_n$  corresponding to  $n$  rotating speed is obtained by  $f_n = f - f_s$ . The frequency  $f_s$  is calculated by  $f_s = I_q R_2 / (2\pi \phi)$ .  $R_2$  is a secondary resistance value at that time. When the secondary resistance value at reference temperature  $\theta_{r0}$  of a stator is  $R_{20}$ , the value  $R_2$  at an arbitrary temperature  $\theta_r$  is  $R_2 = R_{20}(1 + k_0 \Delta \theta_r)$ , where  $\Delta \theta_r = \theta_r - \theta_{r0}$ ,  $k_0 = 1/(225 + \theta_{r0})$ , and 225 is a constant when a secondary conductor is made of Al. Thus, the value  $R_2$  is compensated by the temperature rise of the stator, and a frequency (speed)  $f_n$  is precisely obtained without speed sensor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2707680号

(45) 発行日 平成10年(1998) 2月 4日

(24) 登録日 平成 9 年(1997) 10月17日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 21/00			H 0 2 P 5/408	D

請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平1-31734	(73) 特許権者	999999999 株式会社安川電機 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(22) 出願日	平成1年(1989) 2月 9日	(72) 発明者	大谷 継利 福岡県行橋市西宮市2丁目13番1号 株式会社安川電機製作所行橋工場内
(65) 公開番号	特開平2-211087	(74) 代理人	弁理士 小堀 益
(43) 公開日	平成2年(1990) 8月22日		
前置審査		審査官	西村 泰英
		(56) 参考文献	特開 昭60-176488 (J P, A) 特開 昭60-131088 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 誘導電動機 の速度演算装置及び速度制御装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機の磁束 $\phi$ 、トルク電流 $I_t$ 及び電動機の二次抵抗値 $R_2$ よりすべり周波数 $f_s$ を演算し、求められたすべり周波数 $f_s$ と電動機駆動周波数 $f$ との差に基づいて電動機の回転速度 $f_r$ を演算する回転速度演算装置において、前記電動機の固定子に設けた温度センサと、この温度センサによって検出された固定子の温度 $\theta_r$ と固定子の基準温度 $\theta_{r0}$ とに基づいて温度補償分 $\Delta\theta_r$ を次式 $\Delta\theta_r = (1 + k_r)(\theta_r - \theta_{r0})$ ここで、 $k_r$ は回転子温度と固定子温度の差 $(\theta_r - \theta_{r0})$  ÷ 固定子の温度上昇値 $(\theta_r - \theta_{r0})$ により演算する温度補償分演算手段と、この温度補償分演算手段の出力 $\Delta\theta_r$ と前記基準温度 $\theta_{r0}$ における二次抵抗値 $R_{20}$ とから次式

2

$R_2 = R_{20} (1 + k_r \Delta\theta_r)$

により温度補償後の二次抵抗値 $R_2$ を算出する手段とを備え、この温度補償後の二次抵抗値 $R_2$ に基づいて前記すべり周波数 $f_s$ を演算することを特徴とする誘導電動機の速度演算装置。

【請求項2】 請求項1記載の速度演算装置で得られた回転速度に基づいて誘導電動機の速度制御を行う速度制御系を備えたことを特徴とする誘導電動機の速度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、インバータで駆動される誘導電動機の速度制御装置に関し、特に速度センサを用いずに精度よく速度制御する装置に関する。

【従来の技術】

従来より、かご形誘導電動機の特徴である堅牢さを活かした、耐環境性や構造的自由度の大きい駆動システムが、すべての産業分野で要望されている。速度センサを用いない速度制御装置は、このような要望に適合するものである。

従来、速度センサを用いない誘導電動機は速度制御装置として、誘導電動機の電圧と電流から求めたトルク電流と磁束および二次抵抗値、すなわち回転子巻線抵抗値\*

$$n = \frac{120}{p} \cdot (f - f_s) \quad [\text{rpm}] \quad \dots (1)$$

ここに  $P$  : 極数

周波数  $f$  はインバータから直接に得られるため、すべり周波数  $f_s$  を何らかの手段によって得ることができれば、回転数  $n$  を知ることができ、これを速度制御に用いることが可能となる。

※

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{I_a}{\phi} \cdot R_2 \quad \dots (2)$$

磁束  $\phi$ 、トルク電流  $I_a$  は電動機の電圧と電流とから演算することができるから、二次抵抗値  $R_2$  が分かれば、すべり周波数  $f_s$  を演算することができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、二次抵抗値  $R_2$  は回転子の巻線抵抗値であるため、これを直接固定子側で観測することは困難である。

二次抵抗値  $R_2$  のある基準温度における値を知ることができるが、温度によって変化するために、実際の運転において  $f_s$  を正しく演算することができない。例えば回転子の温度が  $100^\circ\text{C}$  変われば、回転子導体として用いられる銅やアルミニウムからなる二次抵抗値は40%程度変化し、また、回転子の温度は運転によって通常  $100 \sim 150^\circ\text{C}$  の温度上昇がある。

このように、従来の装置では、すべり周波数の演算に二次抵抗の設定値を用いていたため、回転子の温度が変化すると、実際の二次抵抗値と設定の二次抵抗との差異によって、実際のすべり周波数と差異を生じ、速度を精度よく補償できない欠点があった。

そこで本発明は、速度センサを用いずに精度よく速度制御を行うことを目的とし、すべり周波数を精度よく演算しようとするものである。

〔課題を解決するための手段〕

この目的を達成するため、本発明の誘導電動機は速度演算装置は、電動機の磁束  $\phi$ 、トルク電流  $I_a$  及び電動機の二次抵抗値  $R_2$  よりすべり周波数  $f_s$  を演算し、求められたすべり周波数  $f_s$  と電動機駆動周波数  $f$  との差に基づいて電動機の回転速度  $f_r$  を演算する回転速度演算装置において、前記電動機の固定子に設けた温度センサと、この温度センサによって検出された固定子の温度  $\theta_r$  と固定

\* から演算したすべり周波数によって、電動機駆動周波数を補償し、電動機は速度制御を行う装置があった。

この場合のすべり周波数の演算方法について説明する。

インバータで駆動される誘導電動機の回転数  $n$  (rpm) は、一般に駆動周波数  $f$  (Hz) と電動機のすべり周波数  $f_s$  (Hz) によって表される。

※ すべり周波数  $f_s$  は、電動機の磁束  $\phi$  とトルクに相当するトルク電流  $I_a$  および二次抵抗  $R_2$  によって次のように表される。

子の基準温度  $\theta_{s0}$  とに基づいて温度補償分  $\Delta\theta_r$  を次式  $\Delta\theta_r = (1 + k_r) (\theta_r - \theta_{s0})$

ここで、 $k_r$  は回転子温度と固定子温度の差  $(\theta_r - \theta_{s0})$  ÷ 固定子の温度上昇値  $(\theta_r - \theta_{s0})$

により演算する温度補償分演算手段と、この温度補償分演算手段の出力  $\Delta\theta_r$  と前記基準温度  $\theta_{s0}$  における二次抵抗値  $R_{20}$  とから次式

$$R_2 = R_{20} (1 + k_r \Delta\theta_r)$$

により温度補償後の二次抵抗値  $R_2$  を算出する手段とを備え、この温度補償後の二次抵抗値  $R_2$  に基づいて前記すべり周波数  $f_s$  を演算することを持徴とする。

〔作用〕

本発明は、温度変化を補償した二次抵抗値を用いたすべり周波数の演算値によって、電動機は速度を精度よく推定するものである。

前記のように、二次抵抗値  $R_2$  は温度によって大きく変化する。したがって、二次抵抗値  $R_2$  の温度による変化を補正できれば、すべり周波数  $f_s$  を正しく演算でき、速度もまた正しく演算できる。

第1図は本発明の速度演算を示すブロック図である。

駆動周波数  $f$ 、電動機の電圧、電流から演算されたトルク電流の演算値  $I_a$ 、磁束演算値  $\phi$ 、および固定子の温度検出値  $\theta_r$  を入力信号とし、回転数に相当した周波数  $f_r = f - f_s$  を出力する。

すべり周波数は

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{I_a}{\phi} \cdot R_2$$

より演算される。

ここで二次抵抗値設定のための回転子の基準温度を  $\theta$

5

、このときの二次抵抗値を $R_s$ とすると、任意の温度における二次抵抗値 $R_t$ は一般に、次のように表される。  
 $R_t = R_s (1 + k_s \Delta \theta_s)$  ..... (3)

ただし、 $\Delta \theta_s = \theta_s - \theta_{s0}$ 。

$k_s = 1 / (225 + \theta_{s0})$  (二次導体がアルミニウムのと  
き)

さて、本発明は固定子温度の検出値 $\theta_s$ から回転子温度 $\theta_r$ を推定しようとするものである。回転子の温度上昇と固定子の温度上昇は、近似的には比例関係にあるから、 $\theta_r \approx \theta_s$ と置いて、 $R_s$ の温度変化をかなり補償することができる。しかし、通常、運転中は固定子温度より回転子温度が高くなる場合が多く、この分を補償すれば、二次抵抗値の推定精度は更に向上する。

第2図は固定子温度と回転子温度の測定例である。固定子巻線に定格電流を流し、始動より温度上昇特性を測定したものである。測定の便宜上、回転子は拘束されている。すなわち、固定子温度より、回転子温度がかなり高いことがわかる。

また、第2図より回転子温度と固定子温度の差 $(\theta_r - \theta_s)$ は、固定子の温度上昇値 $(\theta_s - \theta_{s0})$  (ここで $\theta_{s0}$ は固定子の基準温度) にほぼ比例することが分かる。

したがって、 $\theta_r - \theta_s = k_r (\theta_s - \theta_{s0})$ と置いて、 $\Delta \theta_r$ および $R_t$ を次のように推定することができる。

$$\Delta \theta_r = (1 + k_r) (\theta_s - \theta_{s0}) \quad \text{..... (4)}$$

$$R_t = R_s (1 + k_s \Delta \theta_r) \quad \text{..... (5)}$$

$k_r$ として、回転子と固定子の温度差 $\theta_r - \theta_s$ が大きい領域での値をとれば、温度の影響が大きい領域での $R_t$ を効果的に推定することができる。

第2図における破線は、 $k_r$ としてA点のデータを用いて回転子温度を推定した場合である。これより、効果的に回転子温度の推定がなされることが分かる。

このような固定子温度の検出値を用いた二次抵抗値の温度変化の補正によって、温度変化の主たる要因である周囲温度の変化、固定子の温度上昇値を補正し、さらに固定子と回転子の温度差も配慮されているから、精度よく二次抵抗値を演算することができる。したがって、これを用いた速度推定値も精度よく演算されることは明白である。

#### 【実施例】

第3図に、本発明をインバータでV/f制御される誘導電動機に速度制御装置に適用した場合を示す。

図において、1はインバータであり、周波数指令信号 $f_i$ より電圧指令器11を介して周波数に比例した電圧指令信号 $V$ が与えられ、また、周波数指令信号 $f_i$ が与えられている。

誘導電動機2には、温度センサ32が装備されている。一点鎖線で示される部分3は、本発明の速度演算器30の関連する部分で、トルク電流・磁束演算器31、固定子温度を検出する温度センサ32、電流センサ33、電圧センサ

6

34からなっている。また、電圧センサを省略して、インバータへの交流電圧指令値を用いることもできる。

一点鎖線で囲まれる4は速度制御部であり、速度設定器40、速度偏差演算器41、速度制御器42、速度偏差加算器43からなっている。

速度演算部3で演算された速度に相当する周波数信号 $f_r$ は、速度偏差演算器41で速度指令信号 $f_i$ と比較され、速度制御器42で速度補正信号 $f_c$ が出力される。速度補正信号 $f_c$ は速度指令信号 $f_i$ に加算されて、インバータの実際の周波数指令信号 $f_t$ となる。

すなわち、速度演算部3で演算された速度信号 $f_r$ と速度指令信号 $f_i$ の偏差が0になるようにインバータの周波数指令が調節される。

第4図は本発明の効果を表す速度特性を実施例について示したものである。回転数指令を50%とし、負荷トルクに対して示した。特性①は本発明を適用した場合の速度制御特性であり、回転子の温度変化0~100℃に対して速度制御特性は、斜線の範囲にあった。特性②は二次抵抗の温度による変化を補償しない場合で、特性②-1は回転子温度が基準温度よりほぼ50℃低い場合、特性②-2は基準温度よりほぼ50℃高い場合のそれぞれ速度制御特性である。

本発明の温度補償を行うことにより、従来方法では定格負荷時で温度変動により±1%の速度変動があったのに対し、本発明の二次抵抗値の温度補償を行うことにより、±0.2%以下の速度変動に抑えることができた。

#### 【発明の効果】

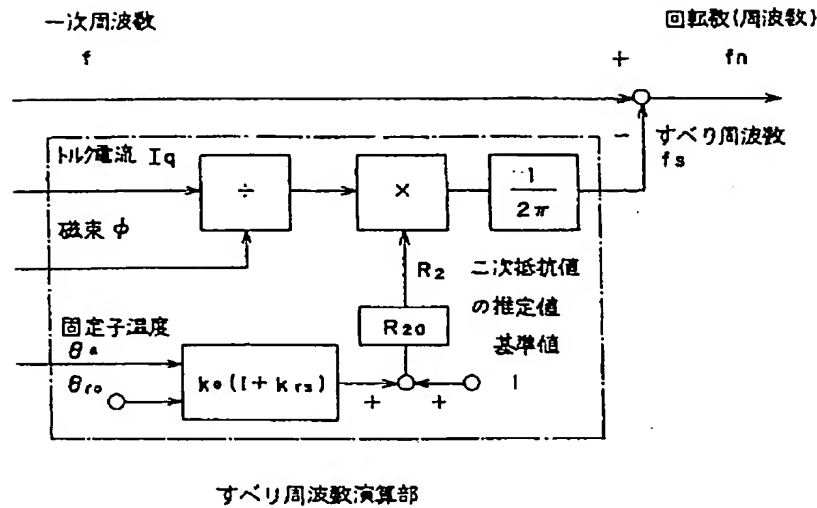
本発明は、電動機の電圧、電流から演算される速度信号に基づいて速度制御する装置において、従来速度演算において精度上問題であった二次抵抗の温度変化を固定子温度の検出値によって修正することにより、精度の高い速度演算値を得て、電動機に速度センサを設けずに、誘導電動機の堅牢な製造的特徴を活かした精度の高い速度制御を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

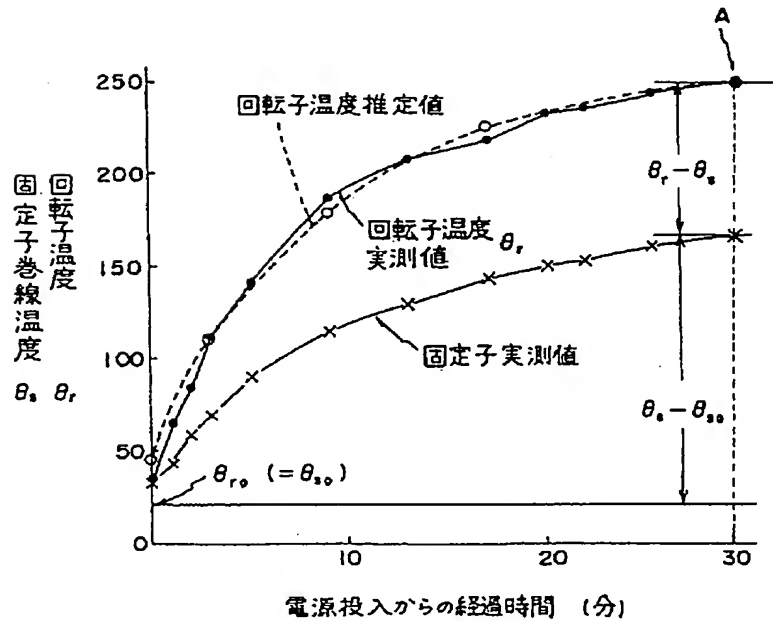
第1図は本発明の速度演算を示すブロック図、第2図は固定子巻線温度と回転子温度の測定例を示すグラフ、第3図は本発明を適用した誘導電動機の速度制御装置の実施例を示すブロック図、第4図は本発明の効果を表す速度制御特性を実施例について示したグラフである。

- 1:インバータ、11:電圧指令器
- 2:誘導電動機
- 3:速度演算部、30:速度演算器
- 31:トルク電流・磁束演算器
- 32:温度センサ、33:電流検出器
- 34:電圧センサ
- 4:速度設定器、41:速度偏差演算器
- 42:速度制御器、43:速度偏差加算器
- 5:電源

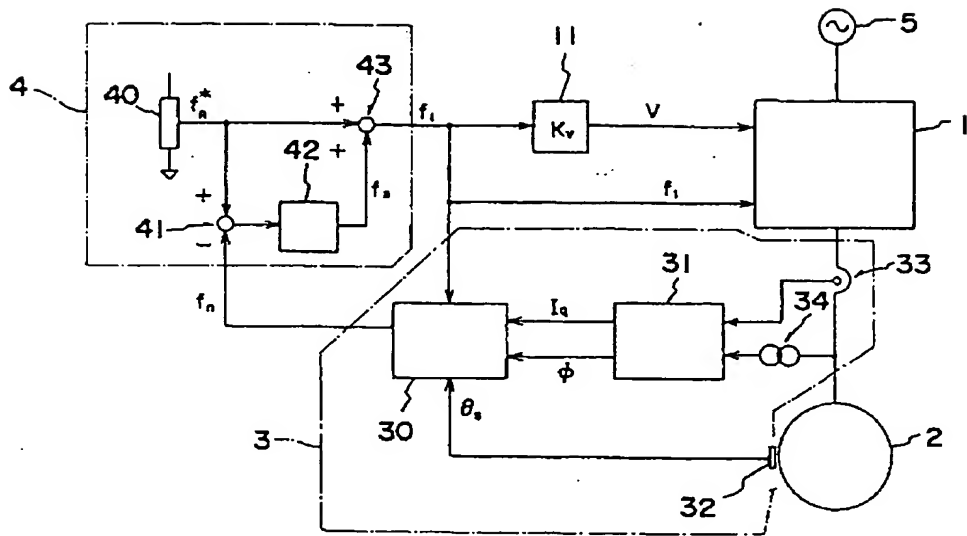
【第1図】



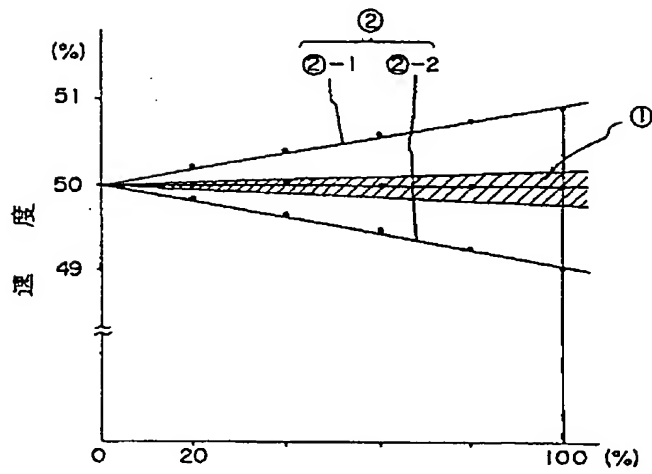
【第2図】



【第3図】



【第4図】



速度精度特性